

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE KESETIMBANGAN BATAS (*LIMIT EQUILIBRIUM*) DAN ELEMEN HINGGA (*FINITE ELEMENT*)

Nuryanto¹
Sri Wulandari²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma
^{1,2} Jalan Akses Kelapa Dua Kampus G Universitas Gunadarma Depok
^{1,2}{nuryanto, sri_wulandari}@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Salah satu penyebab keruntuhan pada lereng diakibatkan karena beban gempa. Banyak metode penentuan stabilitas lereng dinamik yang selama ini digunakan dalam perencanaan stabilitas lereng, tetapi masing – masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Penelitian ini merupakan analisis stabilitas lereng secara statik ekuivalen di mana percepatan gempa yang sebenarnya bersifat tidak beraturan di rubah menjadi sebuah gaya horizontal. Kelemahan dari metode ini selain tidak mewakili dari sifat gempa, juga memerlukan faktor reduksi gempa yang sulit ditentukan. Metode yang lebih realistis adalah metode analisis dinamik dengan metode elemen hingga, dimana gaya gempa yang diaplikasikan berupa input motion gempa. Kelebihan dari analisis dinamik dapat menghasilkan angka keamanan minimum selama waktu gempa. Penelitian ini membandingkan analisis statik, statik ekuivalen dan analisis dinamik pada suatu model timbunan dan galian pada kelas tanah keras, tanah sedang, dan tanah lunak sesuai dengan RSNI-3-1726-2010 dengan kedalaman tanah keras 30m dan 100m. Gempa yang diaplikasikan adalah gempa srike-slip, dengan percepatan gempa pada tanah dasar 0,1g-0,4g. Penelitian ini juga menghitung faktor reduksi pada model timbunan dan galian yang dapat digunakan untuk analisis statik ekuivalen sehingga faktor reduksi yang dihasilkan mendekati faktor reduksi dengan cara dinamik. Hasil penelitian berupa faktor keamanan statik dengan berbagai metode analisis, faktor keamanan akibat gempa dengan metode statik ekivalen dan metode dinamik serta nilai faktor reduksi akibat percepatan gempa 0,3g pada kasus timbunan dan galian.

Kata kunci: analisis statik, analisis statik ekuivalen, analisis dinamik, faktor keamanan, dan faktor reduksi.

ANALYSIS OF SLOPE STABILITY USING LIMIT EQUILIBRIUM METHOD AND FINITE ELEMENT

Abstract

One of many causes of slope failure is earthquake. Many seismic slope stability methods are use for slope stability design, but every method had advantages and disadvantages. One of the simple and common methods is analysis dynamic with static equivalent analysis in which transient earthquake acceleration made equivalent to a uniform horizontal force. Besides there is no representative earthquake characteristics are model, limitation of this method is a difficulty in assigning an appropriate seismic reduction factor. It considered that the more realistic method is dynamic analysis using finite element method, which applies input motion as seismic load. The advantage of the method which in this case is it can produces minimum safety factor along the impact

duration of earthquake. This research compares between static analysis, static equivalent analysis, and dynamic analysis on a fill and excavation models on hard site classification, medium/stiff site classification and soft site classification following at the site classification according to RSNI-3-1726-2010 with depth of based soil are assumed at 30m and 100m. Earthquake input motion that are applied at base soil are type strike-slip, with peak based acceleration vary from 0.1g to 0.4g. The research also determine a reduction factor on fill and excavation model that can be used for static equivalent analysis in order to produce safety factor that is similar to dynamic safety factor. The research result as statistic safety factor with various analysis method, safety factor dynamic with analysis static equivalent and dynamic, and reduction factor point earthquake expected effect 0.3g on fill and excavation case.

Keywords: *static analysis, static equivalent analysis, dynamic analysis, safety factor, and reduction factor*

PENDAHULUAN

Permukaan tanah yang tidak selalu membentuk bidang datar atau mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*slope*). Perbedaan elevasi tersebut pada kondisi tertentu dapat menimbulkan kelongsoran lereng sehingga dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Kondisi tanah asli yang tidak selalu sesuai dengan perencanaan yang diinginkan misalnya lereng yang terlalu curam sehingga dilakukan pemotongan bukit atau kondisi lain yang membutuhkan timbunan dan lain sebagainya. Sehingga diperlukan analisis stabilitas lereng yang lebih akurat agar diperoleh konstruksi lereng yang mantap. Tingginya aktivitas gempa di Indonesia, maka perlu dilakukan analisa dinamis dalam perencanaan bangunan. Studi tentang analisa dinamik banyak dilakukan pada bangunan timbunan dan galian karena beban gempa mengacu pada kelongsoran lereng timbunan dan galian, terutama menganalisa besarnya deformasi dan angka keamanan yang terjadi akibat gempa. Penelitian ini menganalisis stabilitas lereng galian dan timbunan secara dinamik, statik ekuivalen, dan statik dengan menggunakan

bantuan program komputer Geo-Design dan Plaxis. Geo-Design digunakan untuk analisis dinamik dan statik, Plaxis digunakan untuk analisis statik ekuivalen dan statik. Selain itu dalam penelitian ini juga akan membandingkan faktor keamanan dinamik dan statik ekuivalen, dan pengaruh faktor reduksi gempa pada analisis dinamik terhadap lereng.

Penelitian ini membandingkan Analisis statik ekuivalen terhadap Analisis dinamik pada konstruksi timbunan, menggunakan Metode Elemen Hingga dengan bantuan program komputer *Plaxis* dan *Geo-Office*. Dalam penelitian ini juga dilakukan studi untuk melihat pengaruh parameter-parameter variabel terhadap angka keamanan longsor pada lereng timbunan dan galian.

METODE PENELITIAN

Model Penelitian

Pada penelitian ini dibuat model timbunan dan galian dengan kedalaman batuan dasar 30 meter dan 100 meter, tanah dianggap homogen sampai pada kedalaman batuan dasar. Tinggi timbunan dan kedalaman galian adalah 15 meter. Lebar atas timbunan dan galian 50 meter, dengan perbandingan kemiringan untuk masing-masing lereng 1:2. Berat volume tanah untuk tanah keras, 21 KN/m², tanah sedang 19 KN/m², dan tanah lunak 17

KN/m². Tanah timbunan dan galian dianggap tanah sedang.

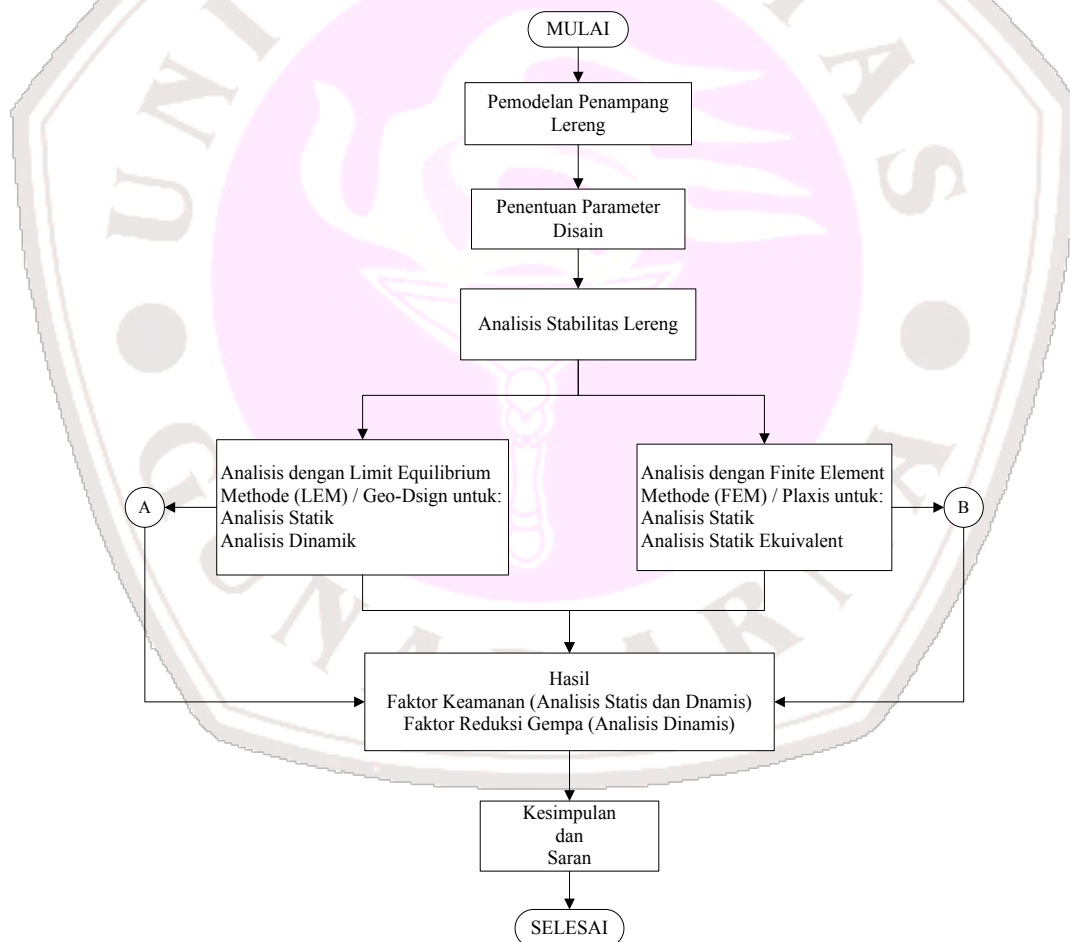
Pada analisis ini *input motion* yang digunakan adalah gempa *strike-slip* Surabaya (Helmy Darjanto, 2006), yang dimodifikasi dengan percepatan puncak pada batuan dasar (PBA) 0,1g sampai 0,4g. Data gempa sintetis *strike-slip* didapatkan dari keluaran program SYNTH dengan percepatan puncak 341,7 cm/s² pada 10 detik, durasi gempa 60 detik.

Pada studi ini dilakukan pemodelan dengan memberikan variasi pada lapisan tanah, percepatan gempa pada batuan dasar dengan tujuan untuk mengetahui

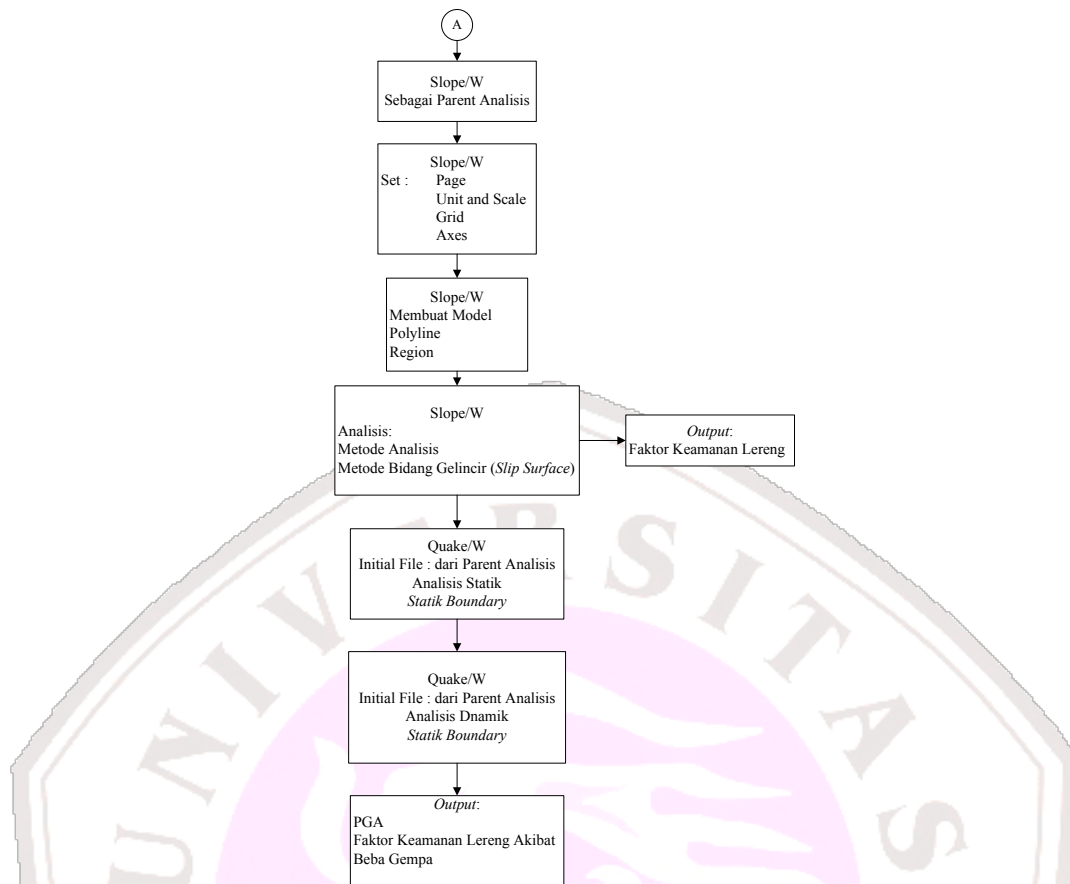
pengaruh masing-masing parameter terhadap stabilitas lereng timbunan dan galian. Model tersebut dibuat berdasarkan RSNI 3 03-1726 201x, untuk kedalaman tanah minimal 30 meter.

Bagan Alir penelitian

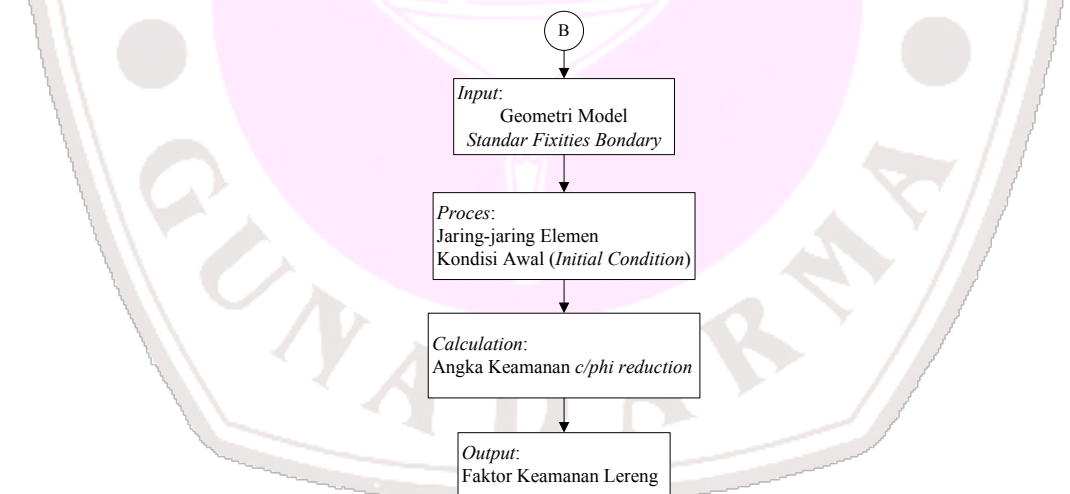
Untuk mempermudah penelitian maka dilakukan urutan pekerjaan seperti terlihat pada diagram alir analisis. Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian secara umum, sedangkan Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan diagram alir analisis menggunakan program Geo-Design dan Plaxis.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Stabilitas Lereng Menggunakan Geo-Design



Gambar 3. Diagram Alir Stabilitas Lereng Menggunakan Plaxis

Parameter Tanah

Analisis dilakukan pada kasus timbunan dan galian dengan material tanah divariasikan pada tiga kelas tanah (S_C , S_D , dan S_E) berdasarkan kecepatan gelombang geser rata-rata tanah yang mengacu

pada peraturan RSNI3 03-1726 2010 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, dengan kriteria sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Properties Dinamik Tanah Menurut RSNI3 03-1726 201x

Kelas situs	V_s (m/detik)	$N_{(SPT)}$	C_u (kPa)
S_A (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
S_B (batuan)	$750 - 1500$	N/A	N/A
S_C (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	$350 - 750$	>50	> 100
S_D (tanah sedang)	$175 - 350$	$15 - 50$	$50 - 100$
S_E (tanah lunak)	< 175	<15	< 50

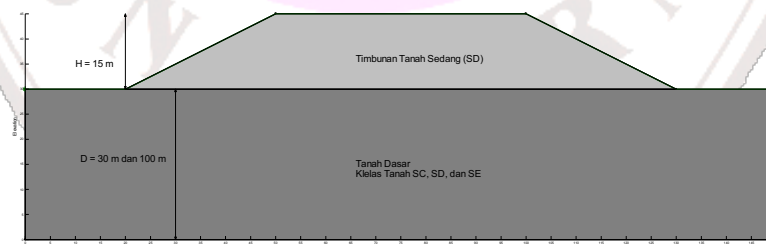
Model material yang digunakan pada analisa dinamik dengan *Quake/W* adalah model *Equivalent Linear*, dimana pada model ini parameter masukannya antara lain: Modulus Geser (G), *poisson ratio* (ν) dan *damping ratio*. Sedangkan pada perhitungan stabilitas lereng dengan *Slope/W* menggunakan metode tegangan elemen hingga (*stress finite element*) yang didasarkan pada persamaan keseimbangan batas dengan model tanah Mohr-Coulomb. (Microsoft Corp., 1991) Pada Analisis Statik Ekuivalen digunakan bantuan program *Plaxis* dengan menggunakan model material Mohr-Coulomb dan angka keamanan dihitung dengan metode *c/phi reduction*. (Brinkgreve, R.B.J et. Al, 1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

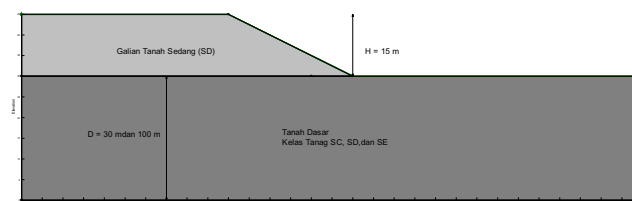
Model timbunan dan galian dengan kedalaman batuan dasar 30 meter dan 100 meter, tanah dianggap homogen sampai

pada kedalaman batuan dasar. Tinggi timbunan dan kedalaman galian adalah 15 meter. Lebar atas timbunan dan galian 50 meter, dengan perbandingan kemiringan untuk masing – masing lereng 1:2 seperti terlihat pada Gambar 4 untuk kasus timbunan dan Gambar 5 untuk kasus galian.

Faktor keamanan lereng dianalisis dengan cara statik, dan dinamik, untuk cara statik dengan menggunakan *Geo-Design* menggunakan beberapa metode, yaitu Metode *Auto Locate. Entry and Exit*, dan *Grid and Radius* yang digunakan untuk menentukan bidang runtuh kritis dari lereng, sedangkan metode Bishop, Ordinary (Fellenius), Janbu, Morgenstern-Price, Spencer, dan Sarma digunakan untuk mencari faktor keamanan kritis lereng. Analisis lereng dilakukan dengan mencari bidang gelincir yang optimal dan masuk akal sehingga diperoleh faktor keamanan optimal dari sebuah model lereng.



Gambar 4. Pemodelan Timbunan



Gambar 5. Pemodelan Galian

Analisis Stabilitas Lereng Galian Tanpa Beban Gempa dengan Geo-Design

Hasil analisis di tunjukkan dengan tabel-tabel untuk mengetahui nilai faktor keamanan dari metode yang digunakan. Tabel 2 sampai Tabel 4 merupakan hasil analisis stabilitas lereng galian dengan karakteristik tanah dibedakan berdasarkan pada kecepatan gelombang geser rata – rata yang mengacu pada RSNI-3-1726-2010.

Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Tanpa Beban Gempa dengan Geo-Design

Tabel 5 sampai Tabel 7 merupakan hasil analisis stabilitas lereng timbunan dengan karakteristik tanah dibedakan ber-

dasarkan pada kecepatan gelombang geser rata-rata yang mengacu pada RSNI-3-1726-2010.

Jika dilihat dari nilai faktor keamanan antara lereng galian dan timbunan, terlihat bahwa nilai faktor keamanan yang didapatkan memiliki nilai yang hampir sama. Oleh karena itu, perhitungan analisis faktor keamanan lereng timbunan dapat dianalisis seperti lereng galian, dengan syarat lereng timbunan memiliki sisi yang simetris. Lereng dengan faktor keamanan kritis dan labil, perlu tindakan perbaikan lereng sehingga bahaya longsor bisa dihindari. Cara perbaikan lereng dapat disesuaikan dengan kondisi di lapangan, sehingga perbaikan lereng merupakan perbaikan terbaik untuk dilaksanakan.

Tabel 2. Stabilitas Lereng Galian dengan Batuan Dasar Tanah Keras

Metode Analisis Bidang Gelincir	Metode Analisis Faktor Keamanan					
	Bishop	Janbu	M-Price	Ordinary	Sarma	Spencer
<i>Auto Locate</i>	1.970	1.830	1.934	2.082	1.912	1.936
<i>Entery and Exit</i>	2.088	1.850	2.159	2.252	2.038	2.147
<i>Radius and Grid</i>	1.974	1.843	1.953	2.096	1.915	1.957

Tabel 3. Stabilitas Lereng Galian dengan Batuan Dasar Tanah Sedang

Metode Analisis Bidang Gelincir	Metode Analisis Faktor Keamanan					
	Bishop	Janbu	M-Price	Ordinary	Sarma	Spencer
<i>Auto Locate</i>	1.250	1.162	1.319	1.618	1.250	1.305
<i>Entery and Exit</i>	1.282	1.191	1.335	1.628	1.270	1.331
<i>Radius and Grid</i>	1.274	1.186	1.328	1.595	1.262	1.316

Tabel 4. Stabilitas Lereng Galian dengan Batuan Dasar Tanah Lunak

Metode Analisis Bidang Gelincir	Metode Analisis Faktor Keamanan					
	Bishop	Janbu	M-Price	Ordinary	Sarma	Spencer
<i>Auto Locate</i>	0.591	0.392	0.597	0.703	0.605	0.395
<i>Entery and Exit</i>	0.638	0.471	0.628	0.777	0.659	0.463
<i>Radius and Grid</i>	0.621	0.452	0.615	0.716	0.658	0.416

Tabel 5. Stabilitas Lereng Timbunan dengan Batuan Dasar Tanah Keras

Metode Analisis Bidang Gelincir	Metode Analisis Faktor Keamanan					
	Bishop	Janbu	M-Price	Ordinary	Sarma	Spencer
<i>Auto Locate</i>	1.971	1.845	1.935	2.087	1.911	1.938
<i>Entery and Exit</i>	2.118	1.841	2.173	2.209	2.063	2.167
<i>Radius and Grid</i>	1.972	1.846	1.942	2.087	1.911	1.947

Tabel 6. Stabilitas Lereng Timbunan dengan Batuan Dasar Tanah Sedang

Metode Analisis Bidang Gelincir	Metode Analisis Faktor Keamanan					
	Bishop	Janbu	M-Price	Ordinary	Sarma	Spencer
<i>Auto Locate</i>	1.278	1.197	1.331	1.581	1.268	1.326
<i>Entery and Exit</i>	1.323	1.234	1.378	1.619	1.325	1.378
<i>Radius and Grid</i>	1.287	1.203	1.346	1.611	1.318	1.336

Tabel 7. Stabilitas Lereng Timbunan dengan Batuan Dasar Tanah Lunak

Metode Analisis Bidang Gelincir	Metode Analisis Faktor Keamanan					
	Bishop	Janbu	M-Price	Ordinary	Sarma	Spencer
<i>Auto Locate</i>	0.633	0.689	0.533	0.831	0.663	0.654
<i>Entery and Exit</i>	0.648	0.705	0.552	0.863	0.722	0.794
<i>Radius and Grid</i>	0.633	0.687	0.551	0.824	0.658	0.651

Metode yang digunakan dalam mencari faktor keamanan lereng sangat banyak sekali, sehingga perlu pemahaman untuk menggunakan metode tersebut agar hasil faktor keamanan sesuai dengan kenyataan. Pada analisis diatas terlihat bahwa nilai faktor keamanan berubah sesuai kondisi tanah, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode-metode analisis lereng dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar maupun tanah timbunan atau galian. Terdapatnya beberapa macam variasi dari metode irisan disebabkan oleh adanya perbedaan asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan faktor keamanan. Asumsi tersebut dipergunakan karena analisis kestabilan lereng merupakan persoalan statika tak tentu (*indefinite statics*) sehingga diperlukan beberapa asumsi tambahan yang diperlukan dalam perhitungan faktor keamanan.

Analisis Stabilitas Lereng Galian dan Timbunan dengan Plaxis

Metode Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan Plaxis adalah analisis lereng dengan teknik reduksi ke-

kuatan geser (*phi/c reduction*) metode elemen hingga (Brinkgreve, R.B.J et. Al). Kelebihan menggunakan metode ini adalah asumsi dalam penentuan posisi bidang longsor tidak dibutuhkan, bidang ini akan terbentuk secara alamiah pada zona dimana kekuatan geser tanah tidak mampu menahan tegangan geser yang terjadi, dan metode ini juga mampu memantau perkembangan *progressive failure* termasuk *overall shear failure* (Lambang Goro, Garup).

Faktor keamanan lereng galian dan timbunan memiliki nilai yang hampir sama, oleh karena itu analisis lereng timbunan dapat dilakukan hanya satu sisi saja sesuai sisi yang akan di tinjau, tetapi syaratnya lereng timbunan tersebut harus memiliki sisi yang sama atau simetris. Nilai faktor keamanan dari Plaxis hampir sama dengan metode Ordinary/Fellenius pada Geo – Slope, dengan metode slip surface *Auto Locate* dan *Grid and Radius*. Hal ini disebabkan karena metode analisis yang digunakan Plaxis merupakan metode analisis dari Fellenius (Arief, S., dan Arif).

Tabel 8. Faktor Keamanan Lereng Galian dan Timbunan dengan Plaxis

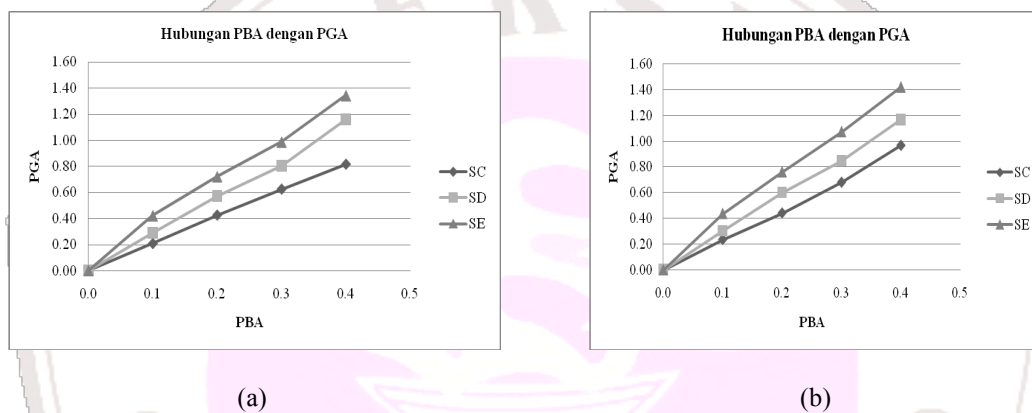
Jenis Tanah	Faktor Keamanan Lereng	
	Galian	Timbunan
Tanah Keras (S _C)	2.111	2.118
Tanah Sedang (S _D)	1.366	1.326
Tanah Lunak (S _E)	0.660	0.601

Hasil Perhitungan Analisis Dinamik

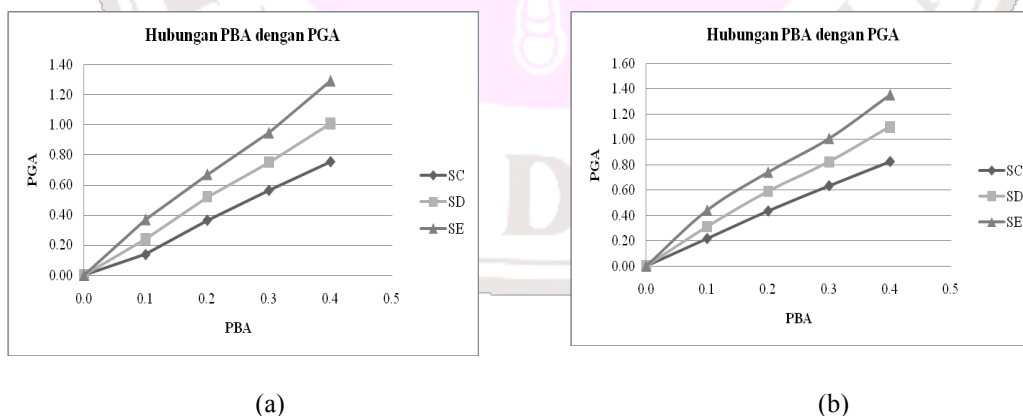
Percepatan maksimum yang terjadi pada permukaan tanah (*Peak Ground Acceleration / PGA*) dengan *input motion* gempa akan meningkat dengan meningkatnya percepatan gempa maksimum di batuan dasar (*Peak Base Acceleration /PBA*). Gambar 9 sampai dengan Gambar 4.25 merupakan hasil analisis dinamik stabilitas lereng timbunan terhadap input motion PBA

Pengaruh Jenis Tanah, Kedalaman Batuan Dasar, dan Percepatan Gempa terhadap Faktor Keamanan Lereng

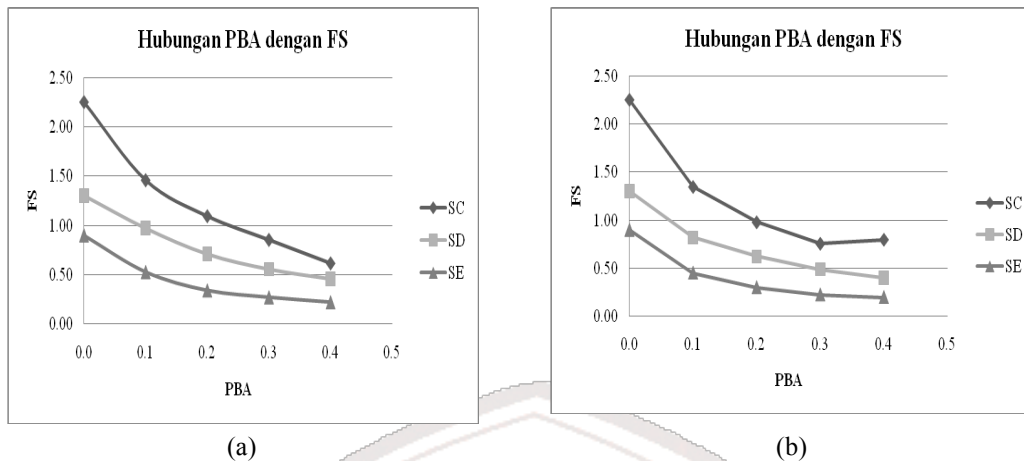
Stabilitas lereng dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti: kelas tanah, kemiringan lereng, kedalaman titik gempa dan percepatan gempa. Kedalaman titik gempa di bagi dalam dua kedalaman, yaitu kedalaman 30 meter dan kedalaman 100 meter. Untuk percepatan gempa di variasikan dari 0,1g sampai 0,4g.



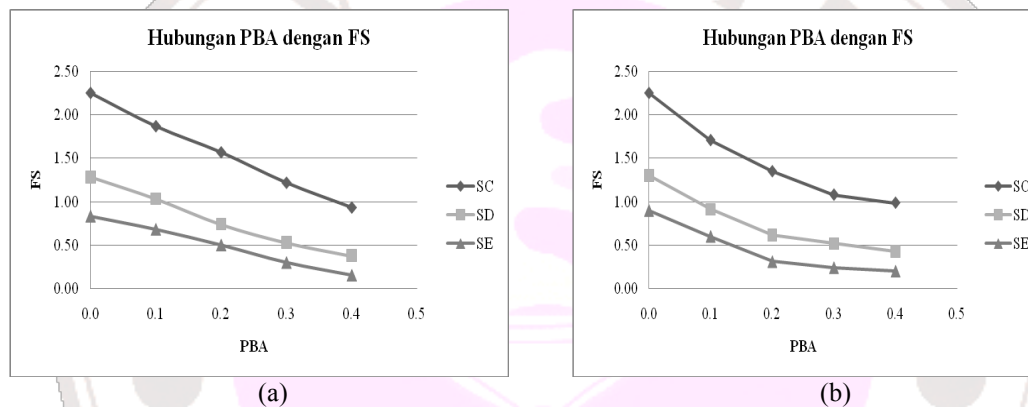
Gambar 3.(a) Grafik Hubungan PGA terhadap PBA dengan Kedalaman Batuan Dasar 30 meter pada Lereng Timbunan (b) Grafik Hubungan PGA terhadap PBA dengan Kedalaman Batuan Dasar 100 meter pada Lereng Timbunan



Gambar 4.(a) Grafik Hubungan PGA terhadap PBA dengan Kedalaman Batuan Dasar 30 meter pada Lereng Galian (b) Grafik Hubungan PGA terhadap PBA dengan Kedalaman Batuan Dasar 100 meter pada Lereng Galian



Gambar5. (a) Grafik Hubungan PBA terhadap FS dengan Batuan Dasar 30 meter pada Timbunan
(b) Grafik Hubungan PBA terhadap FS dengan Batuan Dasar 100 meter pada Timbunan

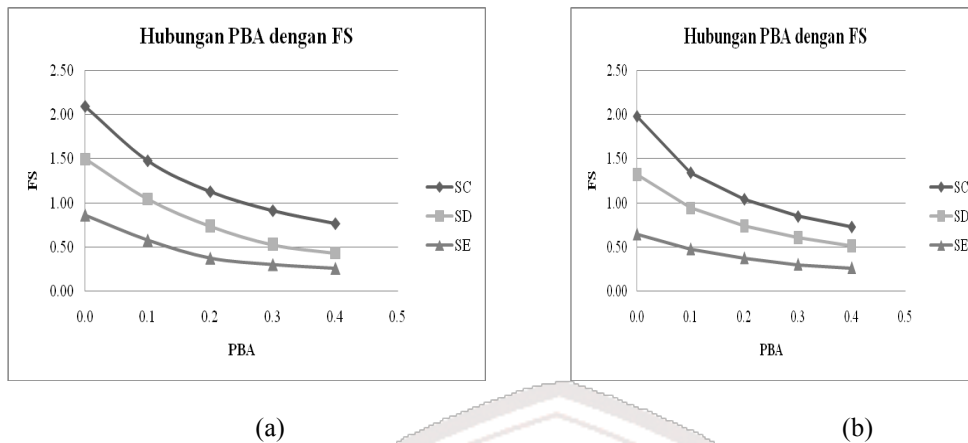


Gambar 6.(a) Grafik Hubungan PBA terhadap FS dengan Batuan Dasar 30 meter pada Galian
(b) Grafik Hubungan PBA terhadap FS dengan Batuan Dasar 100 meter pada Galian

Hasil analisis angka keamanan lereng galian dan timbunan, jika dilihat secara umum ada kecenderungan bahwa semakin besar percepatan gempa pada batuan dasar maka angka keamanan akan menurun, dan semakin keras tanah dasar maka semakin besar angka keamanannya. Dari hasil analisis angka keamanan terlihat bahwa angka keamanan lereng galian lebih besar dibandingkan dengan lereng timbunan. Hal ini disebabkan karena lereng timbunan memiliki masa yang lebih besar daripada lereng galian, selain itu lereng timbunan memiliki dua daerah kelongsoran yang akan mengakibatkan bekurangnya kuat geser tanah.

Hasil Analisis Statik Ekvivalen

Dari hasil analisis Statik Ekvivalen terlihat bahwa pada timbunan, angka keamanan menurun seiring meningkatnya *PBA*. Semakin lunak tanah maka angka keamanan juga akan menurun. Pada timbunan dengan kedalaman 30 meter mempunyai angka keamanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan angka keamanan pada galian dengan kedalaman 100 meter. Faktor keamanan Statik Ekvivalen pada lereng galian lebih tinggi dibandingkan dengan lereng timbunan dengan jenis tanah yang sama.



Gambar 7 (a) Grafik Hubungan PBA terhadap FS dengan Batuan Dasar 30 meter pada Timbunan
(b) Grafik Hubungan PBA terhadap FS dengan Batuan Dasar 100 meter pada Timbunan

Menentukan Faktor Reduksi Gempa

Untuk mengetahui pengaruh tinggi timbunan terhadap faktor keamanan dinamik dan faktor keamanan statik ekuivalen, maka diperlukan simulasi pada salah satu kasus dengan menambahkan tinggi timbunan. Perhitungan pada kasus timbunan dengan kedalaman tanah keras 30 meter, tanah keras yang digunakan sama dengan tanah keras yang digunakan sebelumnya pada analisis sebelumnya. Beban gempa yang diberikan sebesar 0,3 g, dengan tinggi timbunan disimulasikan dari 5 meter sampai 15 meter.

Penentuan faktor reduksi gempa dilakukan dengan cara memasukkan beberapa nilai faktor reduksi dari 0,1 sampai 0,7, kemudian dianalisis. Setelah itu dapat diketahui nilai faktor reduksi yang digunakan dalam suatu lereng dengan tinggi timbunan tertentu. Faktor reduksi yang direkomendasikan adalah jika nilai faktor keamanan statik ekuivalen dibagi faktor keamanan dinamik sama dengan satu.

Berdasarkan hasil analisis maka rekomendasi untuk timbunan dengan tanah dasar merupakan tanah keras, direkomendasikan menggunakan faktor reduksi antara 0,5 sampai 0,6 untuk tinggi timbunan 5 meter sampai 15 meter. Timbunan diatas tanah sedang direkomendasikan menggunakan faktor reduksi berkisar antara 0,1 sampai 0,2 dengan

tinggi timbunan 5 sampai 10 meter. Pada timbunan diatas tanah lunak menggunakan faktor reduksi 0,15 sampai 0,2 dengan tinggi timbunan 2 meter sampai 5 meter.

Penentuan faktor reduksi pada kasus galian juga sama seperti pada kasus timbunan yaitu dengan mencoba-coba beberapa nilai faktor reduksi gempa dari 0,1 sampai 0,7. Berdasarkan hasil analisis maka rekomendasi untuk galian dengan tanah dasar merupakan tanah keras, direkomendasikan menggunakan faktor reduksi antara 0,6 sampai 0,9 untuk tinggi timbunan 5 meter sampai 15 meter. Timbunan diatas tanah sedang direkomendasikan menggunakan faktor reduksi berkisar antara 0,3 sampai 0,7 dengan tinggi timbunan 5 sampai 10 meter. Timbunan diatas tanah lunak menggunakan faktor reduksi 0,2 sampai 0,4 dengan tinggi timbunan 2 meter sampai 5 meter.

Berdasarkan analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa kelas tanah, tinggi timbunan, dan bentuk lereng memiliki pengaruh terhadap nilai faktor keamanan lereng. Faktor keamanan lereng pada kasus galian berbeda dengan faktor keamanan pada kasus timbunan sehingga nilai faktor reduksi pada masing – masing kasus juga berbeda. Hal tersebut dikarenakan masa lereng galian lebih kecil dibandingkan dengan lereng galian selain

itu juga kondisi lereng galian pada salah satu sisinya dalam kondisi jepit, sehingga masa pada sisi tersebut sudah di tahan oleh jepit. Sedangkan pada kasus timbunan masa tanah lebih besar dan posisi timbunan terletak pada kondisi bebas

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan analisis stabilitas lereng dengan metode kesetimbangan batas dengan Geo-Design dan metode elemen hingga dengan menggunakan Plaxis, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Nilai faktor keamanan galian dan timbunan diatas tanah keras berkisar antar 1,830 sampai 2,252, untuk galian diatas tanah sedang berkisar 1,162 sampai 1,628, sedangkan untuk galian di atas tanah lunak 0,392 sampai 0,777. Nilai faktor keamanan pada setiap metode irisan berbeda – beda karena perbedaan asumsi dari metode yang digunakan untuk menentukan bidang gelincir pada lereng.
2. Faktor keamanan lereng galian dan timbunan akan menurun sesuai dengan kondisi tanah yang ada dibawahnya, pada kondisi tanah keras nilai faktor keamanan diatas rata – rata berkisar sekitar 1,830 sampai 2,252. Hal tersebut karena tanah keras mampu menahan gaya geser dari tanah timbunan.
3. Berdasarkan analisis dinamik, nilai faktor keamanan pada lereng galian lebih besar dibanding nilai faktor keamanan lereng timbunan, dengan kedalaman tanah dasar, dan beban gempa yang sama. Hal tersebut karena salah satu sisi galian dalam keadaan jepit dan masa galian lebih kecil daripada masa timbunan. Percepatan gempa dibawah tanah dasar pada kasus timbunan/galian dengan kedalaman tanah dasar 30 meter mempunyai nilai percepatan permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan percepatan per-

mukaan dengan kedalaman tanah dasar 100 meter. Hal tersebut disebabkan karena masa dan kedalaman mempengaruhi percepatan gempa sampai dipermukaan.

4. Hasil penelitian dengan model tertentu dan percepatan gempa pada tanah dasar = 0,3g, untuk timbunan diatas tanah keras, direkomendasikan menggunakan faktor reduksi berkisar antara 0,5 sampai 0,6. Untuk timbunan diatas tanah sedang faktor reduksi direkomendasikan berkisar 0,1 sampai 0,2. Sedangkan timbunan diatas tanah lunak faktor reduksi berkisar 0,15 – 0,2. Nilai faktor reduksi tersebut hanya berlaku untuk model tertentu dengan percepatan gempa = 0,3g. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh dimensi *pile cap* yang bervariasi pada setiap titik pondasi yaitu dengan panjang dan lebar antara 2 m sampai 5,25 m dengan tebal *pile cap* 1 m.

Saran

1. Pada analisis ini tanah dianggap sebagai tanah lempung yang homogen, hal ini pada kenyataannya jarang ditemui di lapangan, sehingga untuk penerapan hasil analisis ini hanya sebagai pedoman perencanaan. Selanjutnya untuk kasus di lapangan perlu dilakukan analisis yang lebih detail
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan penentuan faktor reduksi yang lebih mendalam untuk setiap klasifikasi tanah, dimana rentang parameter V_s dan C_u (RSNI-3-1726-2010) yang cukup lebar dibagi menjadi beberapa nilai V_s dan C_u yang lebih kompleks sehingga akan menghasilkan nilai faktor reduksi yang lebih mewakili dari suatu klasifikasi tanah pada model tertentu.
3. Untuk mendapatkan hasil faktor keamanan dan faktor reduksi yang lebih akurat perlu diambil nilai-nilai parameter tanah dari hasil laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, S., dan Arif, I. 2001. *Penyelesaian Sistem Persamaan Non-Linier Dalam Metode Keseimbangan Batas Umum dengan Metode Optimasi, dalam Problema Geoteknik: Perkembangan dan Penanggulangannya*. Bandung: hal V.31-V.38. HATTI.
- Brinkgreve, R.B.J et. al. 1998. *PLAXIS Finite Element for Soil and Rock Analysis*. Version 8.2 Dynamics. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Lambang Goro, Garup. *Studi Analisis Stabilitas Lereng Pada Timbunan Dengan Metode Elemen Hingga*. Wahana TEKNIK SIPIL Vol. 12 No. 1 April 2007.
- Microsoft Corp. 1991. *Geo-Slope version 7 User's Guide*. Geo-Slope International Ltd, Canada.
- RSNI3 03-1726 2010. 2010. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Simatupang, Andry dan Ir. Rudi Iskandar, MT. Perbandingan Antara Metode Limit Equilibrium Dan Metode Finite Element Dalam Analisa Stabilitas Lereng. *Jurnal Teknik Sipil USU*. Medan: Universitas Sumatera Utara.